

睾丸扭转患者组织活力评估的研究进展*

李国兵¹ 王强²

[摘要] 睾丸扭转又称精索扭转,是青少年时期最常见的泌尿系急症之一。精索扭转导致睾丸组织血流供应减少,引起睾丸组织的缺血萎缩,甚至坏死;表现迟缓或未能正确诊断和处理,常常会导致患侧睾丸丢失,引起男性不育等症状。睾丸扭转疾病常需要通过紧急处理,包括急诊手术探查、复位和睾丸固定,以尽早恢复睾丸组织血流,挽救睾丸。本文对术中扭转睾丸组织活力的判断作一综述,提高临床医师对扭转睾丸挽救的水平。

[关键词] 睾丸扭转;精索扭转;阴囊探查术;超声检查;坏死;睾丸

DOI:10.13201/j.issn.1001-1420.2023.05.017

[中图分类号] R697 **[文献标志码]** A

Research progress in evaluating tissue vitality in patients with testicular torsion

LI Guobing¹ WANG Qiang²

(¹Graduate School, Guizhou Medical University, Guiyang, 550004, China; ²Department of Urology, Affiliated Hospital of Guizhou Medical University)

Corresponding author: WANG Qiang, E-mail: 942222076@qq.com

Abstract Torsion of testis, also known as testicular torsion, is one of the most common urinary tract emergencies in adolescents. Torsion of the spermatic cord can reduce the blood supply to testicular tissue and cause ischemic atrophy and even necrosis of testicular tissue. Delayed presentation or failure to properly diagnose and manage often results in the loss of the affected testicle, causing symptoms such as male infertility. Testicular torsion disease often requires emergency management, including emergency surgical exploration, reduction, and testicular fixation, to restore blood flow to the testicular tissue as soon as possible. This article reviews the evaluation of testicular tissue vitality during operation to improve the level of salvage of testicular torsion by clinicians.

Key words testicular torsion; torsion of spermatic cord; scrotal exploration; ultrasound examination; necrosis; testis

睾丸扭转又称精索扭转,是指睾丸沿精索纵轴发生的扭转,导致睾丸血供减少甚至消失,进而使睾丸缺血、坏死及萎缩^[1]。睾丸扭转有两种典型类型:鞘膜外扭转和鞘膜内扭转,鞘膜外扭转发生在睾丸下降到阴囊期间,因此几乎只发生在围生期(小于6周)^[2]。大多数病例是鞘膜内扭转的结果,主要发生在青春期男孩^[3]。先天性畸形是造成鞘膜内扭转的主要原因,即鞘膜不仅附着于附睾和睾丸表面,而是包裹在睾丸周围,向上延伸包裹精索,使睾丸不能固定于阴囊,形成“钟摆样”畸形结构,使睾丸能够绕着纵轴旋转容易发生睾丸扭转。睾丸旋转和随后的动脉收缩导致精索血流中断,睾丸发生缺血、缺氧甚至坏死。

手术探查和睾丸复位术是挽救睾丸的主要方

法。据统计,每4000名年龄<25岁的男性中就有一人受到影响,发生于精索旋转,占急性阴囊疾病的13%~54%^[4-5]。并且有41.9%的患者需进行睾丸切除手术,据统计睾丸丢失率达31.9%~41.9%^[6-7]。而临床上实际发病率可能更高。其原因一是睾丸扭转临床症状与急性睾丸炎和附睾炎相似,二是睾丸扭转不典型的症状容易造成漏诊或误诊的情况^[8-9]。尽早探查和复位对睾丸血供的恢复及避免性腺的丧失是至关重要的,以及在睾丸探查术中对扭转睾丸活力的判断,对挽救复位睾丸有直接影响,故不应延迟手术探查^[10-12]。

1 睾丸组织坏死概述

坏死是指活体内局部组织细胞受到各种损伤因素,导致局部组织细胞死亡,引起代谢功能不可逆性丧失。其特点是酶溶性改变和浆膜完整性被破坏,以细胞肿胀、细胞器崩解及蛋白质变性为基本表现。可逆性损伤以及不可逆性损伤均可造成坏死,其他较强致病因素也可导致。扭转睾丸组织的局部缺血缺氧是导致睾丸坏死的主要原因^[13]。

*基金项目:贵州医科大学附属医院博士基金课题(No: I-2019-02)

¹贵州医科大学研究生学院(贵阳,550004)

²贵州医科大学附属医院泌尿外科

通信作者:王强, E-mail: 942222076@qq.com

坏死依据微观和宏观条件,分为病理坏死和临床坏死。病理坏死指微观下以细胞代谢的停止,引起组织溶解以致器官功能丧失,可引起机体严重并发症,甚至死亡。而细胞坏死出现导致一系列特征性的形态学改变,与酶的分解作用或蛋白质变性有很大关系,继而呈现不同的形态学变化。凝固性坏死是最为常见的类型,主要见于实质性器官的供血及供氧不足,蛋白质变性为主和蛋白质水解酶活性相对降低是重要因素,逐渐形成颜色灰黄、干燥的实性坏死区,坏死区外侧可形成出血充血带,多由坏死物质的炎性刺激作用导致^[14]。而睾丸扭转后的损伤与睾丸组织缺血和氧化应激的作用密不可分^[15]。临床坏死的定义指宏观下坏死组织颜色、大小发生改变,组织弹性、血管搏动丧失,以及痛、触觉等功能障碍,以致组织血管中没有新鲜血液供应,在临床上称为失活组织,应及时采取手术切除治疗。

在睾丸扭转患者的诊治中,对损伤睾丸是否坏死的判断至关重要,这与睾丸扭转的时间以及扭转的程度密切相关。睾丸扭转及复位过程实际上是缺血再灌注的过程^[16]。睾丸缺血再灌注损伤(ischemic reperfusion injury, IRI)代表了睾丸扭转的主要病理生理学,缺血由精索扭转引起,再灌注后释放。IRI涉及许多细胞和分子机制,其具体机制尚不明确,但可以明确的是大量活性氧(reactive oxygen species, ROS)的产生在缺血再灌注中发挥着重要作用^[17-18]。ROS的增加可导致DNA损伤、生精小管内皮损伤和生精细胞凋亡^[19]。许多物质被认为是预防缺血-再灌注后睾丸损伤的重要物质。一系列的化学物质和药物已经成功地在动物模型上进行了实验,目的是减轻睾丸扭转时缺血再灌注的危险效应^[1]。因此,对睾丸扭转程度以及复位后睾丸存活能力的评估非常重要。

2 扭转睾丸组织活力的判断

睾丸扭转手术中使用睾丸组织切面出血评估睾丸存活率的可靠性,并与睾丸影像学如超声检查、症状持续时间和术前表现进行比较。有学者认为黄金6h是睾丸扭转的最佳治疗时间^[20]。在6h内得到有效治疗的睾丸挽救成功率为90%~100%,6~12h得到有效治疗的睾丸挽救成功率为20%~50%,12~24h得到有效治疗的睾丸挽救成功率为0~10%^[21]。也有提出在<12h组、12~24h组、>24h组睾丸切除率分别为9.1%、47.4%、92.4%,术后睾丸萎缩率分别为10.0%、25.0%、83.3%^[11]。

超声技术的进步为阴囊成像产生了新的创新技术,包括灰阶超声、多普勒超声、对比增强超声和实时超声弹性成像。由于其广泛的可用性、无创性和在诊断睾丸扭转和睾丸缺血方面的优良准确率

(>95%),已成为评估阴囊急性状况的重要诊断工具^[22]。一些超声特征已被认为是诊断扭转最敏感的可靠标志。精索“漩涡征”是使用标准的高分辨率超声和(或)彩色多普勒超声在睾丸扭转的情况下评估精索时出现的螺旋状图案,超声实时漩涡征是睾丸扭转的最具体和敏感的征象,无论是完全扭转还是不完全扭转,是指精索在腹股沟外环或阴囊内突然螺旋扭曲,扭转的精索表现扭转部位以下的形状、大小、走行和回声特征发生突然改变,扭转精索表现为椭圆形或圆形均质或非均质回声改变团块,被认为是扭转的高度诊断^[23]。然而阳性漩涡征在新生儿睾丸扭转中的作用是有限的^[24]。

尽管其敏感性和特异性都很高,但假阴性和假阳性结果都会出现^[25]。在多普勒证实睾丸扭转的情况下,不均匀的实质回声纹理提示晚期扭转和睾丸无活力。因此,此类睾丸可能不需要急诊阴囊探查^[26-27]。另一方面,均匀的回声纹理对睾丸存活率有极好的预测作用。因此,此类睾丸应紧急探查^[28]。最近学者指出,在评价睾丸扭转时,多普勒超声显示附睾肿大比例和精索增厚可作为立即手术的判断依据,睾丸回声纹理的改变可能不是发病时间的可靠指标^[29]。

超声造影是目前能够准确反映组织内部血流灌注情况的影像学检查方法,能够检测到毛细血管内的血流,可以更好地反映睾丸内的血流灌注情况^[30]。与多普勒图像类似,超声造影可能显示睾丸内强化不足^[31]。虽然在已发表的少数系列文献中,还没有发现超声多普勒超声的优势,但由于通常很难用彩色多普勒超声显示正常睾丸内的灌注,因此超声造影有可能提高婴儿期检测小儿睾丸血流的灵敏度^[31]。此外,超声造影可以为评估节段性梗死提供有用的信息,节段性梗死可能继发于间歇性扭转。虽然近红外光谱读数在儿童中诊断扭转方面的作用有限。然而,在无阴囊水肿或疼痛12h的一些病例中,近红外光谱能很好地区分扭转和非扭转^[32]。弹性成像方法有助于其他成像方法区分睾丸扭转后可见的病灶区域和恶性病变。弹性成像为扭转后睾丸挽救的随访提供了一种可行和实用的补充模式,但国内未普及^[33]。

Barbosa等^[34]根据临床变量建立了睾丸缺血与怀疑扭转(The Testicular Workup for Ischemia and Suspected Torsion, TWIST)的评分系统。TWIST评分采用泌尿病史和体格检查来评估睾丸扭转的风险,其包括5个临床变量,分别是睾丸肿胀(2分)、硬睾丸(2分)、无明显提睾反射(1分)、恶心或者呕吐(1分)和高骑位睾丸(1分),总分为0~7分。总分0~2分为低危组,总分3~4分为中危组,总分5~7分为高危组。对睾丸扭转患者予扭转评分进行验证,超过50%的患者可避免超声

检查^[35]。扭转评分具有较高预测价值,可作为睾丸扭转的临床诊断工具,并能防止最终治疗的延误^[26-34]。TWIST 评分的应用可在术前对睾丸扭转有一定的评估,在手术探查中有一定作用,需要前瞻性研究进一步验证其价值^[36]。也有学者提出睾丸扭转急诊手术路径的实施,从诊断为睾丸扭转到急诊送至手术室的时间,将减少缺血时间,降低成本,以及对睾丸扭转复位后的固定方法,都是为了减少睾丸组织的损失^[37-38]。

Samson 等^[39]提出量化睾丸扭转病例中与睾丸丢失相关的时间异质性的程度,使用一种非侵入性技术来确定超声图像上的异质性指数,表明异质性存在一个可量化的时间层次,异质性指数可以作为判断睾丸扭转后存活率的客观参数。通过开发实时测量异质性指数的技术,可以潜在地确定哪些睾丸扭转患者的睾丸不能存活,因此不需要立即进行手术探查。局限在于病例数据较少,且方法单一,需要进一步研究。

睾丸扭转伴随着精索的扭转,引起血管损伤,导致睾丸缺血并最终坏死。睾丸扭转复位的黄金时间是 6~8 h。在发病后 6 h 内治疗,治愈率几乎为 100%,但随着时间的推移迅速下降,在 6~12 h 内下降到 70%,在 12~24 h 内下降到 20%^[40]。睾丸不可逆性缺血损伤最早可在睾丸扭转后 4 h 造成^[41]。因此,对于所有睾丸扭转的病例,建议在症状出现后 24 h 内进行紧急手术探查^[42]。

Chu 等^[43]提出术中复位扭转的睾丸后,观察其颜色、质地及血流改变等判断睾丸的生存能力,决定下一步对复位后睾丸的处理。Grimsby 等^[44]进一步提出以睾丸萎缩为预测指标,列出了所有睾丸扭转患者的经典睾丸萎缩预测因子:红色阴囊皮肤的存在与否,手术前阴囊疼痛的持续时间,术前扭转睾丸的睾丸实质是否存在异质性,手术阴囊超声检查,并在手术后 5 min 内由医生确定睾丸的颜色。疼痛持续时间是指从患者第 1 次出现症状到手术解除扭转所花费的时间。创建了新型视觉睾丸组织色标,为术中睾丸颜色分配了一个数字评分。发现扭曲后 5 min 的术中睾丸颜色似乎是未来萎缩的最佳预测指标。使用该量表,与正常对侧睾丸相比,黑色和出血/坏死性睾丸的体积减少了 80%~100%,这类患者在阴囊探查扭转时可考虑睾丸切除^[45]。通过在术中观察扭转复位后睾丸组织的颜色质地等的改变,来判断睾丸组织是否坏死,以减轻睾丸组织的损伤和丢失^[46]。由于存在随访数据的部分丢失以及体积的测量误差,需要进一步研究。

Arda 等^[47]通过建立睾丸扭转三级评分系统,提出在睾丸扭转探查术中切取睾丸部分组织,观察睾丸切面出血的情况,从而评估其生存能力。在手

术中切除受累精索鞘膜,并切取一份深达髓质的睾丸组织,予以温生理盐水纱布包绕,待处理 10 min 后,通过观察切面动脉渗血程度来评估睾丸组织具备的生存能力。根据出现渗血时间分为三级:取活检时立即有血液者为 I 级;开始没有明显渗血,在 10 min 内观察到血液渗出的为 II 级;在 10 min 内未观察到血液渗出的为 III 级。I、II 级睾丸组织予以保留,III 级睾丸组织采取睾丸切除,并对对侧睾丸采取预防性固定^[48]。对侧睾丸的固定存在一定争议^[49]。由于需要切取一深达髓质的睾丸组织,对 I、II 级保留的睾丸功能有一定影响;另外保留睾丸也出现萎缩等情况。所以睾丸扭转后睾丸组织是否坏死评估的标准以及时间有待进一步研究。

另外,有学者提出睾丸扭转复位后出现“睾丸腔室综合征”的概念,特别是缺血时间较长的患者,建议复位后做睾丸白膜深切口,评估 10 min 内的活动性出血,用睾丸鞘膜修补的方法来缓解阴囊内压力,从而减轻对睾丸组织的进一步损伤^[50-52]。所以从睾丸扭转症状的出现到手术切除,这段时间仍然是睾丸存活的主要预后因素,应当减少这段时间的延续^[53-54]。

3 睾丸扭转的预后

扭转睾丸术后睾丸可能逐渐萎缩,可能与缺血时间过长、细胞变性水肿后逐渐坏死或者是术中判断睾丸血供不准确等有关,扭转-复位引起的睾丸损伤可能导致男性不育^[55]。也有学者提出症状持续时间是儿童睾丸扭转后睾丸挽救成功的唯一预测因素,与睾丸丢失和萎缩的巨大风险相关^[56]。男性的生育能力依赖于睾丸生精小管中精子的发生及其通过附睾过程中的成熟^[57]。目前的证据表明睾丸扭转并不影响睾丸的内分泌功能^[57]。但有证据表明,睾丸扭转可能会通过精液参数的变化来衡量男性的生育能力,可挽救的睾丸并不能防止精液质量的下降^[58]。

精液质量下降可能与缺血损伤和再灌注损伤有关^[15]。男性生殖道中氧化应激状态和 ROS 的存在与不育密切相关^[59]。睾丸扭转导致睾丸缺血损害睾丸屏障,使患者面临精原细胞自身免疫的潜在风险,或者可能导致对侧睾丸损伤,睾丸扭转会导致精子活力的下降和精子总数的减少。

4 总结与展望

睾丸扭转的存活率主要取决于扭转的持续时间和睾丸内的血流供应。目前对扭转睾丸活力的判断,仍缺乏客观规范的统一标准。大多采取影像学如超声用于睾丸扭转的术前诊断,以及肉眼对睾丸组织颜色的判断, TWIST、睾丸扭转时间异质性等对坏死睾丸组织的诊断受多方面制约,确诊率有待提高。最终坏死的金标准是作睾丸组织病理学检测。术中对复位后睾丸活力的判断仍面临诸多

挑战,完善对坏死睾丸的诊断,是治疗睾丸扭转和尽可能挽救睾丸的关键。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Karaguzel E, Kadihasanoglu M, Kutlu O. Mechanisms of testicular torsion and potential protective agents [J]. *Nat Rev Urol*, 2014, 11(7): 391-399.
- [2] Kylat RI. Perinatal testicular torsion [J]. *Arch Pediatr*, 2021, 28(1): 75-79.
- [3] Vasdev N, Chadwick D, Thomas D. The acute pediatric scrotum: presentation, differential diagnosis and management [J]. *Curr Urol*, 2012, 6(2): 57-61.
- [4] Barada JH, Weingarten JL, Cromie WJ. Testicular salvage and age-related delay in the presentation of testicular torsion [J]. *J Urol*, 1989, 142(3): 746-748.
- [5] Mäkelä E, Lahdes-Vasama T, Rajakorpi H, et al. A 19-year review of paediatric patients with acute scrotum [J]. *Scand J Surg*, 2007, 96(1): 62-66.
- [6] Zhao LC, Lutz TB, Meeks JJ, et al. Pediatric testicular torsion epidemiology using a national database: incidence, risk of orchiectomy and possible measures toward improving the quality of care [J]. *J Urol*, 2011, 186(5): 2009-2013.
- [7] Cost NG, Bush NC, Barber TD, et al. Pediatric testicular torsion: demographics of national orchiopexy versus orchiectomy rates [J]. *J Urol*, 2011, 185(6 Suppl): 2459-2463.
- [8] van Welie M, Qu LG, Adam A, et al. Recurrent testicular torsion post orchidopexy—an occult emergency; a systematic review [J]. *ANZ J Surg*, 2022, 92(9): 2043-2052.
- [9] Vasconcelos-Castro S, Soares-Oliveira M. Abdominal pain in teenagers: Beware of testicular torsion [J]. *J Pediatr Surg*, 2020, 55(9): 1933-1935.
- [10] 涂磊, 赵天望, 何军. 儿童和青少年睾丸扭转 109 例诊断与治疗分析 [J]. *中华男科学杂志*, 2019, 25(1): 46-49.
- [11] Dupond-Athénor A, Peycelon M, Abbo O, et al. A multicenter review of undescended testis torsion: A plea for early management [J]. *J Pediatr Urol*, 2021, 17(2): 191. e1-191. e6.
- [12] Kargl S, Haid B. Torsion of an undescended testis—A surgical pediatric emergency [J]. *J Pediatr Surg*, 2020, 55(4): 660-664.
- [13] 刘发全. 细胞坏死的研究近况 [J]. *国外医学(生理、病理科学与临床分册)*, 2003, 23(6): 618-621.
- [14] 祝艺. 细胞的“毁灭与重生” [J]. *现代医学与健康研究电子杂志*, 2018, 2(2): 175-176.
- [15] Jacobsen FM, Rudlang TM, Fode M, et al. The Impact of Testicular Torsion on Testicular Function [J]. *World J Mens Health*, 2020, 38(3): 298-307.
- [16] Mentese A, Turkmen S, Karaguzel E, et al. The predictive value of ischemia-modified albumin in long-term results of ischemia-reperfusion injury in an experimental testicular torsion model [J]. *Urology*, 2012, 80(3): 689-694.
- [17] 宁金卓, 程帆, 余伟民, 等. MiR-29a 靶向调控瞬时受体电位通道家族 4 在睾丸缺血再灌注损伤中对 GC-1 细胞增殖及凋亡的影响及作用机制 [J]. *国际泌尿系统杂志*, 2021, 41(1): 124-128.
- [18] Yuluğ E, Türedi S, Karagüzel E, et al. The short term effects of resveratrol on ischemia-reperfusion injury in rat testis [J]. *J Pediatr Surg*, 2014, 49(3): 484-489.
- [19] Sharp VJ, Kieran K, Arlen AM. Testicular torsion: diagnosis, evaluation, and management [J]. *Am Fam Physician*, 2013, 88(12): 835-840.
- [20] 陈晓峰, 张威, 邓毕华, 等. 85 例睾丸扭转的临床特点及诊治分析报告 [J]. *国际泌尿系统杂志*, 2021, 41(2): 345-347.
- [21] Overholt T, Jessop M, Barnard J, et al. Pediatric testicular torsion: does patient transfer affect time to intervention or surgical outcomes at a rural tertiary care center? [J]. *BMC Urol*, 2019, 19(1): 39.
- [22] Yagil Y, Naroditsky I, Milhem J, et al. Role of Doppler ultrasonography in the triage of acute scrotum in the emergency department [J]. *J Ultrasound Med*, 2010, 29(1): 11-21.
- [23] Munden MM, Williams JL, Zhang W, et al. Intermittent testicular torsion in the pediatric patient: sonographic indicators of a difficult diagnosis [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2013, 201(4): 912-918.
- [24] McDowall J, Adam A, Gerber L, et al. The ultrasonographic "whirlpool sign" in testicular torsion: valuable tool or waste of valuable time? A systematic review and meta-analysis [J]. *Emerg Radiol*, 2018, 25(3): 281-292.
- [25] Bandarkar AN, Blask AR. Testicular torsion with preserved flow: key sonographic features and value-added approach to diagnosis [J]. *Pediatr Radiol*, 2018, 48(5): 735-744.
- [26] Qin KR, Qu LG. Diagnosing with a TWIST: Systematic Review and Meta-Analysis of a Testicular Torsion Risk Score [J]. *J Urol*, 2022, 208(1): 62-70.
- [27] Tian XM, Tan XH, Shi QL, et al. Risk Factors for Testicular Atrophy in Children With Testicular Torsion Following Emergent Orchiopexy [J]. *Front Pediatr*, 2020, 8: 584796.
- [28] Kaye JD, Shapiro EY, Levitt SB, et al. Parenchymal echo texture predicts testicular salvage after torsion: potential impact on the need for emergent exploration [J]. *J Urol*, 2008, 180(4 Suppl): 1733-1736.
- [29] Zheng WX, Hou GD, Zhang W, et al. Establishment and internal validation of preoperative nomograms for predicting the possibility of testicular salvage in patients with testicular torsion [J]. *Asian J Androl*, 2021, 23(1): 97-102.
- [30] Cao W, Cui S, Yang L, et al. Contrast-Enhanced Ultrasound for Assessing Renal Perfusion Impairment

- and Predicting Acute Kidney Injury to Chronic Kidney Disease Progression[J]. *Antioxid Redox Signal*, 2017, 27(17):1397-1411.
- [31] Dieckmann KP, Frey U, Lock G. Contemporary diagnostic work-up of testicular germ cell tumours[J]. *Nat Rev Urol*, 2013, 10(12):703-712.
- [32] Schlomer BJ, Keays MA, Grimsby GM, et al. Transcrotal Near Infrared Spectroscopy as a Diagnostic Test for Testis Torsion in Pediatric Acute Scrotum: A Prospective Comparison to Gold Standard Diagnostic Test Study[J]. *J Urol*, 2017, 198(3):694-701.
- [33] Beşler MS, Gökhan MB, Ölçücüoğlu E, et al. Shear wave elastography for the evaluation of testicular salvage after testicular torsion[J]. *Andrologia*, 2022, 54(11):e14565.
- [34] Barbosa JA, Tiseo BC, Barayan GA, et al. Development and initial validation of a scoring system to diagnose testicular torsion in children[J]. *J Urol*, 2013, 189(5):1859-1864.
- [35] Monteilh C, Calixte R, Burjonrappa S. Controversies in the management of neonatal testicular torsion: A meta-analysis[J]. *J Pediatr Surg*, 2019, 54(4):815-819.
- [36] Hisamatsu E, Haruna A, Sugita Y, et al. Validation of testicular workup for ischemia and suspected torsion score in patients with acute scrotum[J]. *J Pediatr Urol*, 2022, 18(5):684-690.
- [37] Arevalo MK, Sheth KR, Menon VS, et al. Straight to the Operating Room: An Emergent Surgery Track for Acute Testicular Torsion Transfers[J]. *J Pediatr*, 2018, 192:178-183.
- [38] Koh YH, Granger J, Cundy TP, et al. Sutured point-fixation versus Jaboulay fixation for salvaged testicular torsion in children[J]. *J Pediatr Surg*, 2019, 54(12):2631-2635.
- [39] Samson P, Hartman C, Palmerola R, et al. Ultrasonographic Assessment of Testicular Viability Using Heterogeneity Levels in Torsed Testicles[J]. *J Urol*, 2017, 197(3 Pt 2):925-930.
- [40] Dogra VS, Gottlieb RH, Oka M, et al. Sonography of the scrotum[J]. *Radiology*, 2003, 227(1):18-36.
- [41] Bartsch G, Frank S, Marberger H, et al. Testicular torsion: late results with special regard to fertility and endocrine function[J]. *J Urol*, 1980, 124(3):375-378.
- [42] Visser AJ, Heyns CF. Testicular function after torsion of the spermatic cord[J]. *BJU Int*, 2003, 92(3):200-203.
- [43] Chu DI, Gupta K, Kawal T, et al. Tunica vaginalis flap for salvaging testicular torsion: A matched cohort analysis[J]. *J Pediatr Urol*, 2018, 14(4):329, e1-329, e7.
- [44] Grimsby GM, Schlomer BJ, Menon VS, et al. Prospective Evaluation of Predictors of Testis Atrophy After Surgery for Testis Torsion in Children[J]. *Urology*, 2018, 116:150-155.
- [45] Lian BS, Ong CC, Chiang LW, et al. Factors Predicting Testicular Atrophy after Testicular Salvage following Torsion[J]. *Eur J Pediatr Surg*, 2016, 26(1):17-21.
- [46] Abbas TO, Abdelkareem M, Alhadi A, et al. Suspected testicular torsion in children: diagnostic dilemma and recommendation for a lower threshold for initiation of surgical exploration[J]. *Res Rep Urol*, 2018, 10:241-249.
- [47] Arda IS, Ozyaylali I. Testicular tissue bleeding as an indicator of gonadal salvageability in testicular torsion surgery[J]. *BJU Int*, 2001, 87(1):89-92.
- [48] Hyun GS. Testicular Torsion[J]. *Rev Urol*, 2018, 20(2):104-106.
- [49] 郑皓, 林涛. 单侧睾丸扭转对男性生殖的影响研究进展[J]. *现代医药卫生*, 2018, 34(13):2004-2008.
- [50] Kutikov A, Casale P, White MA, et al. Testicular compartment syndrome: a new approach to conceptualizing and managing testicular torsion[J]. *Urology*, 2008, 72(4):786-789.
- [51] Rouzrokh M, Mirshemirani A, Khaleghnejad-Tabari A. Outcomes of Second Look Exploration in Testicular Torsion of Children[J]. *Iran J Pediatr*, 2015, 25(4):e528.
- [52] Józsa T, Klárik Z, Kiss F, et al. Morphological and micro-circulatory evaluation of the rat testis after detorsion with or without a capsular release with a tunica vaginalis flap[J]. *Asian J Androl*, 2016, 18(3):462-466.
- [53] Fabiani A, Calabrese M, Filosa A, et al. Explorative surgery for acute scrotal pain: The importance of patient age, side affected, time to surgery and surgeon[J]. *Arch Ital Urol Androl*, 2016, 88(3):189-194.
- [54] Gold DD, Lorber A, Levine H, et al. Door To Detorsion Time Determines Testicular Survival[J]. *Urology*, 2019, 133:211-215.
- [55] Zhou L, Song K, Xu L, et al. Protective Effects of Uncultured Adipose-Derived Stromal Vascular Fraction on Testicular Injury Induced by Torsion-Detorsion in Rats[J]. *Stem Cells Transl Med*, 2019, 8(4):383-391.
- [56] Zvizdic Z, Aganovic A, Milisic E, et al. Duration of symptoms is the only predictor of testicular salvage following testicular torsion in children: A case-control study[J]. *Am J Emerg Med*, 2021, 41:197-200.
- [57] Lord T, Oatley JM. Testicular-borne factors affect sperm fertility[J]. *Science*, 2020, 368(6495):1053-1054.
- [58] Anderson MJ, Dunn JK, Lipshultz LI, et al. Semen quality and endocrine parameters after acute testicular torsion[J]. *J Urol*, 1992, 147(6):1545-1550.
- [59] Nowicka-Bauer K, Nixon B. Molecular Changes Induced by Oxidative Stress that Impair Human Sperm Motility[J]. *Antioxidants(Basel)*, 2020, 9(2).